

論文の内容の要旨

論文題目	Routing and Wavelength Assignment Schemes in Scalable Wavelength-Routed Optical Networks (拡張性のある波長ルーティング光ネットワークにおけるルーティング及び波長割当て方式)
学位申請者	Pavarangkoon Praphan (パワランクーン プラパン)

データ転送におけるインターネットおよび帯域の急速な需要増加に応えるために、光ネットワークは、将来を担う根幹なネットワークアーキテクチャと位置付けられている。波長多重技術を利用した波長ルーティング光ネットワークは、高帯域かつ低遅延を要求する通信の需要の増加に応えることができる。

光ネットワークへの将来的な需要に対応するために、メトロまたは地域ネットワークの光キャリアの管理とドメインレベルの分割に関する研究が行われてきた。その結果、MCLS(multi-carrier light source)ノードのマルチキャリア光源を、各光パスの発ノード光源装置に置き換えることにより、光キャリアの再利用を可能とするマルチキャリア分散ネットワーク (WRMD: wavelength-reusable multi-carrier-distributed) は光キャリアの管理を簡略化することを可能にした。一方で、大規模なネットワークの管理を拡張化するために、ネットワークを複数のドメインに分割し、ドメイン内およびドメイン間でネットワークを管理するマルチドメインネットワークと呼ばれる大規模ネットワークがある。

本論文では、WRMD ネットワークおよびマルチドメインネットワークにおける波長割当て方式 (RWA: routing and wavelength assignment) 方式について述べる。本論文の構成は、以下の通りである。

第1章では、本研究の背景ならびに目的を述べ、本論文の構成を示す。

第2章では、WRMD ネットワークにおいて、単一のMCLSノードがある場合の経路およびRWAを提案する。RWA 方式は、WRMD ネットワークにおいて光キャリアの接続性および光経路に対する要求を考慮しながら、波長資源の再利用し、必要な波長数を最小化する。RWA 問題とは、光パスの経路の設定に必要な最小波長数を求める最適化問題であり、整数線形計画問題 (ILP: integer linear programming) により表現することができる。複数のネットワーク条件に対して、単一のMCLSノードに対応する経路および波長割当ての結果を示し、最適解について論じ、提案方法の有効性を示す。

第3章では、単一のMCLSノードの場合の発見的なRWA方式について述べる。大規模ネットワークにおいて、ILPによるアプローチでは、RWA問題を実用的な計算時間で解くことが困難である。そこで、RWA問題を実用的な時間で解くために、発見的なRWA方式を導入する。発見的なアプローチによって、単一のMCLSノードに対応する経路および波長割当の結果を示し、最適解と比較し、発見的アプローチの適用領域を論じる。

第4章では、WRMDネットワークにおいて、複数のMCLSノードがある場合のRWA方式について提案する。複数のMCLSノードがある場合のRWA問題を、2章と同様に、ILPとして扱う。複数のネットワーク条件に対して、複数のMCLSノードに対応する経路および波長割当の結果を示し、最適解について論じ、提案方式の有効性を示す。

第5章では、複数のMCLSノードがある場合のRWAを発見的な方式を導入する。発見的なアプローチによって、複数のMCLSノード数に対応する経路および波長割当の結果を示し、最適解と比較し、発見的アプローチの適用領域を論じる。

第6章では、マルチドメイン光ネットワークにおいて、高信頼なRWA方式、すなわち、完全なるエンドツーエンド間でのプライマリおよびバックアップ経路を提供する方式を提案する。提案方式では、経路に対するトータルコストを発着ノード間のトラフィックを分割することで最小化する。この方式は、フルメッシュトポロジ結合における階層的な経路計算を基にしたILPを用いている。この方式には、2つの段階があり、第1段階では、ドメイン間のトポロジについてILP問題を解き、その解をドメイン内のILP問題に与える。第2段階で、そのILP問題を各ドメイン内で解く。最終的に、各ドメイン内での計算結果を一連のルーティングに関連付ける。さらに、プライマリまたはバックアップ経路を決定する3つのプロテクション手法、すなわち、同ドメイン順序手法、独立リンク手法、および、独立ドメイン手法について述べる。性能評価の結果、それぞれの提案方式の有効性について論じる。

第7章では、本論文の結論と今後の課題について述べる。

本論文では、拡張性という観点から、WRMDネットワークおよびマルチドメインネットワークにおけるRWA方式を提案し、提案方式の有効性を示した。この方式は既存の分配型ヒューリスティック方式の計測およびさらなる解析のための基準値を与えることが可能である。本研究で得られた成果は、将来の全光ネットワーク実現に向けて、要素技術となり得る。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 パワランケン プラパン

審査委員主査 大木 英司

委員 來住 直人

委員 山尾 泰

委員 寺田 実

委員 松浦 基晴

データ転送におけるインターネットおよび帯域の急速な需要増加に応えるために、光ネットワークは、将来を担う根幹なネットワークアーキテクチャと位置付けられている。波長多重技術を利用した波長ルーティング光ネットワークは、高帯域かつ低遅延を要求する通信の需要の増加に応えることができる。

光ネットワークへの将来的な需要に対応するために、メトロまたは地域ネットワークの光キャリアの管理とドメインレベルの分割に関する研究が行われてきた。その結果、MCLS(multi-carrier light source)ノードのマルチキャリア光源を、各光パスの発ノード光源装置に置き換えることにより、光キャリアの再利用を可能とするマルチキャリア分散ネットワーク(WRMD: wavelength-reusable multi-carrier-distributed)は光キャリアの管理を簡略化することを可能にした。一方で、大規模なネットワークの管理を拡張化するために、ネットワークを複数のドメインに分割し、ドメイン内およびドメイン間でネットワークを管理するマルチドメインネットワークと呼ばれる大規模ネットワークがある。

本論文では、WRMD ネットワークおよびマルチドメインネットワークにおける波長割当方式(RWA: routing and wavelength assignment)方式について述べる。本論文の構成は、以下の通りである。

第1章では、本研究の背景ならびに目的を述べ、本論文の構成を示す。

第2章では、WRMD ネットワークにおいて、単一のMCLSノードがある場合の経路およびRWAを提案する。RWA方式は、WRMD ネットワークにおいて光キャリアの接続性および光経路に対する要求を考慮しながら、波長資源の再利用し、必要な波長数を最小化する。RWA問題とは、光パスの経路の設定に必要な最小波長数を求める最適化問題であり、整数線形計画問題(ILP: integer linear programming)により表現することができる。複数のネットワーク条件に対して、単一のMCLSノードに対応する経路および波長割当の結果を示し、最適解について論じ、提案方法の有効性を示す。

第 3 章では、単一の MCLS ノードの場合の発見的な RWA 方式について述べる。大規模ネットワークにおいて、ILP によるアプローチでは、RWA 問題を実用的な計算時間で解くことが困難である。そこで、RWA 問題を実用的な時間で解くために、発見的な RWA 方式を導入する。発見的なアプローチによって、単一の MCLS ノードに対応する経路および波長割当の結果を示し、最適解と比較し、発見的アプローチの適用領域を論じる。

第 4 章では、WRMD ネットワークにおいて、複数の MCLS ノードがある場合の RWA 方式について提案する。複数の MCLS ノードがある場合の RWA 問題を、2 章と同様に、ILP として扱う。複数のネットワーク条件に対して、複数の MCLS ノードに対応する経路および波長割当の結果を示し、最適解について論じ、提案方式の有効性を示す。

第 5 章では、複数の MCLS ノードがある場合の RWA を発見的な方式を導入する。発見的なアプローチによって、複数の MCLS ノード数に対応する経路および波長割当の結果を示し、最適解と比較し、発見的アプローチの適用領域を論じる。

第 6 章では、マルチドメイン光ネットワークにおいて、高信頼な RWA 方式、すなわち、完全なるエンドツーエンド間でのプライマリおよびバックアップ経路を提供する方式を提案する。提案方式では、経路に対するトータルコストを発着ノード間のトラフィックを分割することで最小化する。この方式は、フルメッシュトポロジ結合における階層的な経路計算を基にした ILP を用いている。この方式には、2 つの段階があり、第 1 段階では、ドメイン間のトポロジについて ILP 問題を解き、その解をドメイン内の ILP 問題に与える。第 2 段階で、その ILP 問題を各ドメイン内で解く。最終的に、各ドメイン内での計算結果を一連のルーティングに関連付ける。さらに、プライマリまたはバックアップ経路を決定する 3 つのプロテクション手法、すなわち、同ドメイン順序手法、独立リンク手法、および、独立ドメイン手法について述べる。性能評価の結果、それぞれの提案方式の有効性について論じる。

第 7 章では、本論文の結論と今後の課題について述べる。

本論文では、拡張性という観点から、WRMD ネットワークおよびマルチドメインネットワークにおける RWA 方式を提案し、提案方式の有効性を示した。この方式は既存の分配型ヒューリスティック方式の計測およびさらなる解析のための基準値を与えることが可能である。本研究で得られた成果は、将来の全光ネットワーク実現に向けて、要素技術となり得る。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。